

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 43 33 095 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 M 3/02
G 01 K 13/00
F 17 D 5/02

②1 Aktenzeichen: P 43 33 095.9
②2 Anmeldetag: 29. 9. 93
④3 Offenlegungstag: 30. 3. 95

⑦1 Anmelder:
Ritter, Gerhard, 71404 Korb, DE

⑦4 Vertreter:
Wolf, E., Dipl.-Phys. Dr.-Ing.; Lutz, J., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70193 Stuttgart

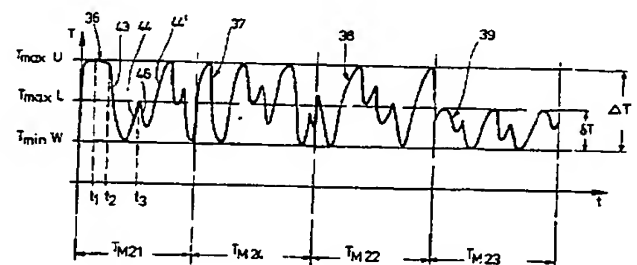
⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	40 00 699 C1
DE	37 08 389 C2
DE	33 05 005 C2
DE	25 38 069 C2
DE	24 43 904 B2
DE	32 33 647 A1
DE	32 23 107 A1
DE	23 63 482 A1
SU	14 34 212 A1

⑤4 Verfahren zur Erkennung eines Lecks in einem Trinkwasser-Versorgungsnetz und Anordnung zur Anwendung des Verfahrens

⑤7 Bei einem Verfahren zur Erkennung eines Lecks (29), das in einem Trinkwasserversorgungsnetz (10) an einer von mehreren an eine Hauptversorgungsleitung (28) angeschlossenen Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) aufgetreten ist, deren Außentemperatur fortlaufend für eine hinreichend lange Zeitspanne von z. B. einem Tag gemessen und aufgezeichnet wird, so daß für jede der Verbraucher-Anschlußleitungen zuverlässige Maximal- und Minimalwerte ermittelbar sind, zwischen denen die Leitungstemperatur aufgrund von Wasserentnahmen variiert. Ist der Betrag des Temperaturunterschiedes zwischen den solchermaßen ermittelten Extremal-Temperaturen an einer oder mehreren der überwachten Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) signifikant geringer als an den übrigen Verbraucher-Anschlußleitungen, so ist dies ein sicheres Indiz dafür, daß die mit der geringeren Temperaturdynamik behaftete(n) Verbraucher-Anschlußleitung(en) mit einem Leck behaftet ist/sind.



DE 43 33 095 A 1

DE 43 33 095 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Lecks, das in einem Trinkwasser-Versorgungsnetz, bei dem mehrere Verbraucher-Anschlußleitungen und Hauptleitungen an eine Hauptversorgungsleitung angeschlossen sind, an einer der Verbraucher-Anschlußleitungen aufgetreten ist, sowie eine für die Anwendung des Verfahrens geeignete Meßanordnung.

Die frühzeitige Erkennung von Lecks, die in Trinkwasser-Versorgungsnetzen aus den verschiedensten Gründen wie z. B. Korrosion, durch den Straßenverkehr bedingte Erschütterungen und Belastungen, jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen und andere mehr oder weniger zwangsläufig auftreten und auch durch sorgfältigstes Vorgehen beim Verlegen solcher Netze langfristig nicht vermeidbar sind, gewinnt zunehmend an Bedeutung, da die Bereitstellung von Trinkwasser hinreichender Güte und in ausreichender Menge zunehmend aufwendiger und daher auch teurer wird. Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Wasserversorgungsunternehmens ist es daher unabdingbar, die Wasserverluste, die in guter Näherung aus den meßbaren Wassermengen, die in das Netz eingespeist werden und den ebenfalls gemessenen Wassermengen, die dem Netz entnommen werden, ermittelbar sind, möglichst gering zu halten. Einzelne Lecks können durch solche Messungen jedoch nicht erkannt werden, sondern allenfalls der allgemeine Zustand des Netzes insgesamt, so daß ein solches Netz permanent auch im Hinblick auf das Auftreten einzelner Lecks überprüft werden muß, wenn es langfristig in einem Zustand hinnehmbarer Wasserverluste gehalten werden soll.

Zur diesbezüglichen Erkennung von Leckstellen werden vielfach akustische Verfahren benutzt, die darauf basieren, daß an Lecks, an denen unter relativ hohem Druck stehendes Wasser ausströmt, charakteristische Geräusche entstehen, die sich sowohl über die Rohrleitung als Körperschall als auch im Wasser als Wassererschall entlang der Rohrleitung ausbreiten und z. B. an zugänglichen Stellen des Rohres abgehört werden können, wobei neben konventionellen Horchdosen und/oder -rohren auch elektroakustische Geräte wie Geophone, Bodenmikrofone mit elektroakustischen Verstärkern zum Einsatz kommen, die auch eine Aufzeichnung der Geräuschsignale ermöglichen und insoweit deren Interpretation erleichtern. Zur Leck-Erkennung und -Ortung ist es auch bekannt, sogenannte elektroakustische Korrelatoren einzusetzen, die anhand von Leckcharakteristischen Geräuschsignalen die Erkennung eines Lecks und anhand von Laufzeitnennungen die Lokalisierung eines Lecks ermöglichen.

Die Empfindlichkeit solcher akustischer Erkennungsverfahren ist jedoch in vielfältiger Weise beschränkt, zum einen dadurch, daß zahlreiche Störgeräuschquellen vorhanden sind, die zu keiner Tageszeit ausgeschlossen werden können, zum anderen dadurch, daß Kunststoffrohre, die überwiegend als Verbraucher-Anschlußleitungen eingesetzt werden, mit einer hohen Dämpfung behaftet sind, so daß eine Schalleitung nur über kurze Leitungsabschnitte erfolgt. Mit akustischen Methoden allein ist daher ein Trinkwasserversorgungsnetz nicht in hinreichendem Maße überwachbar.

Die "geräuschunabhängige" Methode, ein Leck durch Zuflußmessungen in abgesperrten, möglichst kleinen Teilen des Netzes zu erfassen, ist sehr aufwendig, da für sich absperzbare Netzzonen in der Regel noch relativ groß sind und daher, auch wenn ein Leck zuverlässig

festgestellt werden kann, dessen Lokalisierung schwierig bleibt, weil Zuflußmessungen keinerlei Hinweis darüber geben können, welches Rohr innerhalb der abgesperrten Teilzone undicht ist. Weitere Sonderverfahren, die zusätzlich zu einer Erkennung eines Lecks auch eine annähernde Lokalisierung desselben erlauben, wie z. B. ein Farbttest durch Einfärben des Wassers oder die Anwendung der Tracer-Gas-Technik, d. h. Erkennung eines Lecks mittels eines im Wasser löslichen Testgases, das über die Leckstelle in das umgebende Erdreich gelangt und durch dieses rasch an die Oberfläche diffundieren und dort mittels eines Flammen-Ionisations-Detektors nachgewiesen werden kann, sind wiederum mit dem Nachteil behaftet, daß zumindest Teile des Netzes außer Betrieb genommen werden müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Leckerkennung in Trinkwasserversorgungsnetzen anzugeben, das eine zuverlässige Erkennung auch relativ kleiner Lecks ermöglicht, das ohne Störung des Wasserversorgungsbetriebs einsetzbar ist und auch einen eindeutigen Hinweis auf dasjenige Verbraucher-Anschlußrohr vermittelt, an dem die verfahrensgemäß erkannte Leckstelle vorhanden ist, sowie eine Meßanordnung zu schaffen, die eine automatisierte Durchführung des Verfahrens ermöglicht.

Dieses Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens, dem Grundgedanken nach durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und in Ausgestaltungen dieses Verfahrens durch die Merkmale der Ansprüche 2 bis 8 und hinsichtlich möglicher, technisch einfach realisierbarer Meßanordnungen durch die Merkmale der Ansprüche 9 bis 16 gelöst.

Davon ausgehend, daß die Temperatur der Hauptversorgungsleitung, über die eine Vielzahl von Verbrauchern versorgt wird, weitgehend konstant ist, d. h. sich allenfalls über einige Tage hinweg nennenswert ändern kann und ein sehr genaues Maß für die Temperatur des in der Hauptversorgungsleitung praktisch ständig strömenden Wassers ist, daß weiter das Erdreich in derjenigen Tiefe, in der die Hauptversorgungsleitung und die von dieser zu den einzelnen Verbrauchern führenden Verbraucher-Anschlußleitungen verlaufen, ebenfalls eine im erläuterten Sinne "konstante" Temperatur hat, die sich in der Regel um einige Grade, z. B. 2 bis 3°C von der Temperatur der Hauptversorgungsleitung unterscheidet, und daß die Temperatur einer als defekt in Betracht kommenden Verbraucher-Anschlußleitung, nachdem über diese längere Zeit kein Wasser entnommen worden ist, einen stationären Wert angenommen hat, der Gleichheit der Temperaturen an der Außenseite dieses Verbraucher-Anschlußrohres und in der an diese unmittelbar angrenzenden "Grenzschicht" des Erdreichs entspricht, wird — erfindungsgemäß — in einem ersten Verfahrensschritt kontinuierlich oder "punktweise" in definierten Zeitabständen der zeitliche Verlauf $T(t)$ der Außentemperatur des Verbraucher-Anschlußrohres gemessen und registriert, der sich während einer Wasserentnahme und in der darauffolgenden Zeitspanne ergibt, die verstreicht, bis diese Temperatur wieder den stationären Wert, der im wesentlichen der Temperatur des angrenzenden Erdreichs entspricht, erreicht hat. Der hierbei zwischenzeitlich angenommene — niedrigere oder höhere — Extremalwert der Außentemperatur des Verbraucher-Anschlußrohres der näher bei der Temperatur des Hauptversorgungsrohres liegt, wird — durch Differenzbildung — mit dem der Temperatur des Erdreichs entsprechenden stationären Temperaturwert verglichen und so — näherungsweise — der "Dynamik-

Bereich" ermittelt, innerhalb dessen bei vorgegebenen Umgebungsbedingungen die Außentemperatur des Anschlußrohres variiert. In derselben Weise an den weiteren Verbraucher-Anschlußrohren vorgehend, werden die für diese charakteristischen Dynamikbereiche der Anschlußrohr-Temperaturen ermittelt.

Da der solchermaßen ermittelbare Temperatur-Dynamik-Bereich eines mit einem Leck behafteten Verbraucher-Anschlußrohres geringer ist als derjenige eines dichten Verbraucher-Anschlußrohres, ist aus einer vergleichenden Verarbeitung der für die einzelnen Verbraucher-Anschlußrohre ermittelten Dynamik-Bereiche ein vorhandenes Leck erkennbar und auch das Anschlußrohr identifizierbar, an dem das Leck aufgetreten ist.

Wird bei den vor zunehmenden Temperaturmessungen vorgegangen, wie gemäß Anspruch 2 vorgesehen, wonach die Wasserentnahme so lange erfolgt, bis sich — unter den angegebenen Randbedingungen — die Temperatur des in der Hauptversorgungsleitung strömenden Wassers als stationäre Extremaltemperatur der Verbraucher-Anschlußleitung ergibt und anschließend die Wasserentnahme über die zu prüfende Verbraucher-Anschlußleitung so lange unterbleibt, bis diese wieder auf den stationären Wert der Temperatur gelangt ist, der bei intakter Leitung im wesentlichen der Erdreich-Temperatur entspricht, bei defekter Leitung einem hiervon signifikant verschiedenen, zwischen der Temperatur des Erdreichs und der Temperatur der Hauptversorgungsleitung liegenden Temperaturwert entspricht, so genügt es im Normalfall, die diesbezüglichen Messungen jeweils nur einmal durchzuführen, so daß schon nach einer relativ kurzen Gesamt-Meßzeit ein zuverlässiges Ergebnis zur Verfügung steht.

Wird für sämtliche der an verschiedenen Verbraucher-Anschlußleitungen vorzunehmenden Temperatur-/Zeit-Verlaufsmessungen jeweils derselbe Temperatursensor verwendet, so braucht dieser nicht geeicht zu sein, sofern gewährleistet ist, daß das Temperatur-Antwort-Verhalten des Sensors nicht zeitlichen Schwankungen unterliegt, was bei dem Stand der Technik entsprechenden Sensoren in hinreichendem Maße vorausgesetzt werden kann.

Bei Verwendung nur eines einzigen Temperatursensors für sämtliche Messungen kann die für diese insgesamt benötigte Meßzeit dadurch in einem weitestmöglichen Maß reduziert werden, daß zuerst in aufeinanderfolgenden Messungen die bei Wasserentnahme über die einzelnen Verbraucher-Anschlußleitungen erreichbaren stationären Temperaturwerte gemessen werden und anschließend die stationären Temperaturwerte, die sich für Nicht-Entnahme ergeben.

Auch bei der mit minimalem Meßzeitbedarf verknüpften Art der Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 4 ist es nicht notwendig, geeichte Temperatursensoren zu verwenden, jedoch sollten diese dieselbe Empfindlichkeit (Änderung des Ausgangssignals pro Temperatureinheit) haben, damit die mittels je eines Sensors ermittelten Temperatur-Dynamik-Bereiche unmittelbar vergleichbar sind. Zumindest sollte die Empfindlichkeit der einzelnen Sensoren genau bekannt sein.

Durch eine dem Anspruch 5 entsprechende Art der Durchführung des Verfahrens wird eine hinreichende Meßgenauigkeit bzw. Nachweisempfindlichkeit auch dann erreicht, wenn das Verbraucherverhalten nicht auf die Messungen abgestimmt werden kann.

Anhand gemäß Anspruch 6 durchgeführter zusätzlicher Temperaturmessungen ist erkennbar, mit welcher

Empfindlichkeit das Leckerkennungsverfahren im jeweiligen Meßzeitraum genutzt werden kann.

Anhand gemäß Anspruch 7 zu ermittelnder Vergleichsdaten ist ermittelbar, inwieweit die Umgebungsbedingungen an verschiedenen Meßstellen voneinander abweichen und/oder sich verändern.

Durch eine dem Anspruch 8 entsprechende Vorgehensweise ist zu jeder Zeit des Jahres eine Mindestempfindlichkeit des Leckerkennungs-Verfahrens erreichbar.

Durch die Merkmale des Anspruchs 9 ist ihrem grundsätzlichen Aufbau nach eine insbesondere für einen mobilen Einsatz geeignete Anordnung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens angegeben, die durch die Merkmale der Ansprüche 10 bis 12 in schaltungs- und steuerungstechnischer Hinsicht näher spezifiziert ist, während die sich durch einen schaltungstechnisch besonders einfachen Aufbau auszeichnende weitere Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß den Ansprüchen 13 und 14 im Hinblick auf eine feste Installation konzipiert ist, die schon bei der Erstellung des Netzes zu dessen permanenter Überwachung vorgesehen wird.

Mittels gemäß Anspruch 15 gestalteter Wärmekontaktblöcke, zu deren thermisch gut leitender Fixierung an den Verbraucher-Anschlußrohren gemäß Anspruch 16 einfach gestaltete Klemmvorrichtungen geeignet sind, sind die Temperatursensoren mit gutem Wärmekontakt zu den Anschlußrohren an diesen bequem festlegbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für Wasserversorgungsnetze geeignet, bei denen mindestens zwei, meist vier Verbraucher-Anschlußrohre innerhalb eines von oben her zugänglichen Schachts, in dem auch ein Hydrant angeordnet ist, an die Hauptversorgungsleitung angeschlossen sind, so daß die Meßstellen ohne zusätzliche Vorbereitungs-Arbeiten in dem Schacht untergebracht werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zur Erkennung eines in einer Hauptwasserleitung aufgetretenen Lecks ausgenutzt werden, da sich in einem stromab von einem Leck angeordneten Abschnitt der Hauptversorgungsleitung stets ein größerer Dynamikbereich ΔT ihrer Temperatur ergibt als in dem stromauf von dem Leck angeordneten Teil derselben.

Da generell das Auftreten eines Lecks in einer wasserführenden Leitung — Hauptversorgungs- und/oder Hausanschlußleitung — den Dynamikbereich ΔT , innerhalb dessen die Leitungstemperatur als Folge von Wasserentnahmen variieren kann, auf einen niedrigeren Wert reduziert und dadurch den zeitlichen Verlauf der Leitungstemperatur träge werden läßt, diesen gleichsam "glättet", kann ein Leck auch daran erkannt werden, daß bei einer während einer Zeitspanne definierten Dauer für eine leckbehaftete Leitung des Netzes aufgenommenen Temperatur-Verlaufskurve $T(t)$ die Zahl der Extremalwerte der Temperatur — der absoluten und der relativen Maxima und Minima — signifikant niedriger ist als bei einer während derselben Zeitspanne für eine dichte Lichtung des Netzes aufgenommenen Temperatur-Verlaufskurve.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele zu seiner Durchführung geeigneter Meßanordnungen in weitergehenden Einzelheiten erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Teil eines Trinkwasser-Versorgungsnetzes, bei dem Verbraucher-Anschlußrohre innerhalb eines begehbaren Schachts an die Hauptversorgungslei-

tung des Netzes angeschlossen sind;

Fig. 2 Verlaufskurven für die Außentemperaturen der Verbraucher-Anschlußrohre des Netzes gemäß Fig. 1, wenn eines der Rohre mit einem Leck behaftet ist, zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Leckerkennung;

Fig. 3 eine erste Meßanordnung zur Durchführung des Leckerkennungsverfahrens in schematisch vereinfachter Blockschaltbild-Darstellung;

Fig. 4 eine einfache Vorrichtung zur Befestigung von Temperatursensoren der Meßanordnung gemäß Fig. 3 an den Verbraucher-Anschlußrohren des Netzes gemäß Fig. 1;

Fig. 4a eine spezielle Gestaltung eines als Träger eines der Temperatursensoren vorgesehenen Wärmekontaktblocks und

Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Meßanordnung zur Leckerkennung in einer der Fig. 3 entsprechenden Darstellung.

Für den in der Fig. 1 dargestellten Teil eines insgesamt mit 10 bezeichneten Trinkwasser-Versorgungsnetz es ist — zum Zweck der Erläuterung — angenommen, daß über diesen Teil des Netzes 10 vier Gebäude — Wohneinheiten — 11, 12, 13 und 14 versorgt werden, die über je eine mittels eines Schiebers 16, 17, 19 oder 18 absperrbare Haus-Anschlußleitung 21 bis 24 sowie ein Anschlußstück 27 an eine Haupt-Versorgungsleitung 28, gegen diese absperrbar, angeschlossen sind, über das auch ein Hydrant 26 an die Hauptversorgungsleitung 28 angeschlossen ist, wobei davon ausgegangen ist, daß der Hydrant 26 und die den einzelnen Wohneinheiten 11 bis 14 zugeordneten Schieber 16 bis 19 einschließlich der an diese angeschlossenen Endabschnitte der Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 in einem Schacht 31, z. B. von oben her, zugänglich angeordnet sind. Es ist weiter angenommen, daß die zu der Wohneinheit 13 führende Haus-Anschlußleitung 23 mit einem schematisch ange deuteten Leck 29 behaftet ist, über das Wasser in das umgebende Erdreich austritt, in dem die Haus-Anschlußleitung 23 in einer Tiefe von etwa 1,2 Metern vergraben ist.

Zur Erkennung des Lecks 29 wird gemäß einer Variante eines auf der Basis von Temperaturmessungen basierenden Verfahrens unter Verwendung eines einzigen elektronischen Temperatur-Sensors 32, der ein für die Meßtemperatur charakteristisches, registrierbares elektrisches Ausgangssignal erzeugt, wie folgt vorgegangen, wobei zur Erläuterung der Verfahrensweise auch auf die Fig. 2 Bezug genommen sei.

Zunächst wird für definierte Meßzeitspannen T_{M21} , T_{M24} , T_{M22} und T_{M23} — gleicher Dauer —, innerhalb derer eine Mehrzahl von Wasserentnahmen über die einzelnen Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 zu erwarten ist, für jede derselben der durch die Temperatur-Verlaufskurven 36 bis 39 des Diagramms der Fig. 2 repräsentierte T/t -Verlauf gemessen und registriert bzw. in einem später auswertbaren Format elektronisch gespeichert.

Zweckmäßigerweise wird hierbei, nachdem zunächst die Temperatur-Verlaufsmessung an beispielsweise der Haus-Anschlußleitung 21 als erster Messung durchgeführt worden war, daraufhin die Temperatur-Verlaufsmessung an der "gegenüberliegenden" Haus-Anschlußleitung 24 durchgeführt, die — über ihren zugeordneten Schieber 19 — an das mit der Hauptversorgungsleitung 28 verbundene Anschlußstück 27 angeschlossen ist, wie auch die als erste überwachte Haus-Anschlußleitung 21, die über ihren Schieber 16 an ebenfalls an dieses An-

schlußstück 27 und damit auch an die Hauptversorgungsleitung 28 angeschlossen ist.

Ergibt ein hiernach durchgeführter, erster — vorläufiger — Vergleich der Temperaturverlaufskurven 36 und 37, daß diese zwischen denselben Extremalwerten T_{maxU} und T_{minW} variieren, so ist dies, statistisch gesehen, in erster Linie ein Indiz dafür, daß an keiner der beiden Haus-Anschlußleitungen 21 und 24 ein Leck vorliegt und in zweiter Linie, die statistisch weit unwahrscheinlicher ist, daß beide Haus-Anschlußleitungen 21 und 24 mit einem Leck exakt der Seitengröße behaftet sind.

Um eine Entscheidungsmöglichkeit zu gewinnen, wird daher eine dritte Messung durchgeführt, z. B. an der zweiten, gemäß Fig. 1 linken Haus-Anschlußleitung 22, die über den Schieber 17 und das Anschlußstück 27 an die Hauptversorgungsleitung 28 angeschlossen ist, an die über dieses sowie über den Schieber 18 auch die Anschlußleitung 23 angeschlossen ist, die zu der weiteren Wohneinheit 13 auf der gegenüberliegenden Straßenseite führt.

Variiert die Temperaturverlaufskurve 38, die durch die dritte Messung gewonnen worden ist, wiederum zwischen denselben Extremalwerten T_{maxU} und T_{minW} , zwischen denen auch die Temperaturverlaufskurven 36 und 37, die durch die erste und zweite Messung ermittelt worden sind, variieren, so ist dies mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Indiz dafür, daß an keiner der bislang überprüften Haus-Anschlußleitungen 21, 24 und 22 ein Leck vorhanden ist, da die Wahrscheinlichkeit dafür, daß an sämtlichen der drei schon überprüften Haus-Anschlußleitungen 21, 24 und 22 ein Leck genau derselben Größe vorliegt, sehr gering ist.

Als nächstes wird nunmehr für die letzte der noch nicht überprüften Haus-Anschlußleitungen 23 für die genannte Meßzeitspanne T_M der an dieser sich ergebende Temperaturverlauf 39 gemessen.

Ergibt diese Messung, daß die Temperaturdifferenz ΔT zwischen der Maximaltemperatur T_{maxL} und der Minimaltemperatur T_{minW} , zwischen denen die Extremalwerte der Temperatur-Verlaufskurve 39 variieren, geringer ist als die Temperaturdifferenz ΔT , zwischen denen die Maximalwerte T_{maxU} und T_{minW} der Verlaufskurven 36, 37 und 38 variieren, so ist dies ein sicheres Indiz dafür, daß die zu der "dritten" Wohneinheit 13 führende Haus-Anschlußleitung 23 mit einem Leck 29 behaftet ist.

Dies gilt sowohl dann, wenn, was in den wärmeren Monaten eines Jahres der Fall ist, die Temperatur des Wassers in der Hauptversorgungsleitung 28 niedriger ist als die mittlere Temperatur des Wassers, die sich in den Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 einstellt, wenn über diese Wasser nicht entnommen wird, als auch dann, wenn, was in den kühleren Monaten des Jahres der Fall ist, die Temperatur in der Hauptversorgungsleitung 28 höher ist als die in den Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 sich einstellende mittlere Temperatur, wenn über diese Wasser nicht entnommen wird.

Das insoweit erläuterte Verfahren führt sehr viel schneller, nämlich innerhalb einer einzigen Meßzeitspanne T_M zu dem genannten Ergebnis, wenn gleichzeitig an allen vier Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 die innerhalb dieser Zeitspanne T_M mit einer Wasserentnahme verknüpften Temperatur-Verlaufskurven 36 bis 39 gemessen werden.

Zu einer qualitativen Erläuterung der in der Fig. 2 dargestellten T/t -Verlaufskurven 36 bis 39 sei davon ausgegangen, daß das Erdreich, in dem die Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 verlegt sind, eine etwas höhere

Temperatur hat als das durch die Hauptversorgungsleitung 28 fließende Wasser, das wegen zahlreicher Entnahmen von Wasser aus dem Netz 10 relativ rasch durch die Hauptversorgungsleitung strömt und daher, bis es zum Verbraucher gelangt ist, die Umgebungstemperatur, wenn diese signifikant, z. B. 2° höher ist, nicht annehmen kann. Das in einer einzelnen der Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24, über die nur relativ selten eine Wasserentnahme erfolgt, entsprechend länger "stehen" bleibende Wasser hat jedoch gleichsam "Zeit", Wärme aus der Umgebung durch Wärmeleitung aufzunehmen, so daß seine Temperatur — mindestens annähernd — bis auf die Umgebungstemperatur $T_{\max U}$ ansteigen kann. In der Haus-Anschlußleitung 21 sei diese Temperatur im Zeitpunkt t_1 der T/t-Verlaufskurve 36 erreicht. Eine im Zeitpunkt t_2 beginnende Wasserentnahme in der Wohneinheit 11, die dazu führt, daß relativ warmes Wasser über die Haus-Anschlußleitung 21 entnommen wird und in diese kälteres Wasser aus der Hauptversorgungsleitung 28 nachströmt, hat dann zur Folge, daß die Wassertemperatur in der Haus-Anschlußleitung 21, die mittels des Temperatur-Sensors 32 überwacht wird, wobei als Maß für die Wassertemperatur die Außentemperatur der Haus-Anschlußleitung 21 genommen wird, absinkt, wie durch den ersten abfallenden Ast 43 der T/t-Verlaufskurve 36 repräsentiert. Wird hierbei relativ viel Wasser entnommen, z. B. die Füllmenge einer Badewanne von etwa 100 Litern, so sinkt die Wassertemperatur in der Haus-Anschlußleitung 21 bis auf die in der Hauptversorgungsleitung 28 gegebene Temperatur $T_{\min W}$ ab, welche die untere Grenze der möglichen Wassertemperaturen in den Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 markiert. Nach Beendigung der Wasserentnahme steigt die Wassertemperatur in der Haus-Anschlußleitung 21 unmittelbar wieder an, wie durch den ersten ansteigenden Ast 44 der T/t-Verlaufskurve 36 repräsentiert. Erfolgt wenig später, z. B. im Zeitpunkt t_3 wieder eine Wasserentnahme, so sinkt die Temperatur an der Haus-Anschlußleitung 21 wieder ab, wie durch den zweiten abfallenden Ast 46 der T/t-Verlaufskurve dargestellt. War diese Wasserentnahme nur geringfügig, so wird die Minimaltemperatur $T_{\min W}$ nicht erreicht, sondern es tritt alsbald wieder ein Temperaturanstieg 44' ein, der, wenn die nächste Entnahme deutlich später erfolgt, wieder bis zum Maximalwert $T_{\max U}$ führen kann. Der Variationsbereich — Dynamikbereich — ΔT , innerhalb dessen die an der Haus-Anschlußleitung 21 meßbaren Temperaturwerte variieren können, ist somit — im wesentlichen — durch die Umgebungstemperatur im Erdreich als oberem Grenzwert $T_{\max U}$ und die Wassertemperatur in der Hauptversorgungsleitung 28 als unterem Grenzwert $T_{\min W}$ eingegrenzt.

Ist jedoch, wie für die Haus-Anschlußleitung 23 der dritten Wohneinheit 13 angenommen, ein Leck 29 vorhanden, über das ständig Wasser in das die Haus-Anschlußleitung 23 umgebende Erdreich abströmen kann, so stellt sich auch dann, wenn in der Wohneinheit 13 eine Wasserentnahme nicht erfolgt, als oberer Grenzwert $T_{\max L}$, den die Temperatur an der Haus-Anschlußleitung 23 nicht mehr überschreiten kann, eine Gleichgewichtstemperatur ein, die zwischen der Wassertemperatur $T_{\min W}$ in der Hauptversorgungsleitung 28 und der Umgebungstemperatur $T_{\max U}$ liegt, mit der Folge, daß der für die defekte Haus-Anschlußleitung 29 mögliche Dynamikbereich δT deutlich kleiner ist als der Dynamikbereich ΔT einer dichten Haus-Anschlußleitung.

Das insoweit erläuterte Verfahren erlaubt daher, ohne daß Absolutmessungen von Temperaturen erforder-

lich sind, anhand einer Erfassung der Dynamikbereiche ΔT und δT , innerhalb derer bei einer dichten Haus-Anschlußleitung 23 deren Temperatur bzw. bei einer Leckbehafteten Haus-Anschlußleitung deren Temperatur über mehrere Wasserentnahmen hinweg variieren kann, das Vorhandensein eines Lecks eindeutig zu erkennen.

Ist ein solches Leck 29 schon vorhanden, bevor mit den Temperaturmessungen begonnen werden konnte, so ist für seine eindeutige Identifizierung mindestens eine Vergleichsmessung mit einer nicht beschädigten Haus-Anschlußleitung 21 und/oder 22 und/oder 24 erforderlich.

Eine solche Vergleichsmessung kann im Prinzip auch aus einer relativ weit entfernten Meßstelle, z. B. an einer in einem weiten Schacht 31 an die Hauptversorgungsleitung 28 angeschlossenen Haus-Anschlußleitung erfolgen.

Ist an einer Haus-Anschlußleitung ein deren Temperatur überwachender Temperatur-Sensor 32 permanent installiert, so kann schon allein aus einer innerhalb kurzer Zeit erfolgenden Änderung des Dynamikbereiches von einem Wert ΔT auf einen kleineren Wert δT das Auftreten eines Lecks zuverlässig erkannt werden.

Das geschilderte Verfahren ist sehr empfindlich und erlaubt unter einer als typisch anzusehenden Nebenbedingung, daß der Temperaturunterschied ΔT zwischen dem die Haus-Anschlußleitungen 21 bis 24 umgebenden Erdreich und der Wassertemperatur in der Hauptversorgungsleitung etwa 2° beträgt, noch einen eindeutigen Nachweis eines Lecks, das mit einem Leckverlust von nur 1 m³/Tag behaftet ist.

Um vorab eine Information darüber zu gewinnen, welche Nachweisempfindlichkeit für das Dynamikbereich-Meßverfahren zu erwarten ist, wird in einer Tiefe, in der die Hausanschlußrohre 21 bis 24 verlegt sind, und in einem Bereich, von dem vermutet werden kann, daß dort kein Leck in der Nähe ist, die Temperatur des Erdreichs gemessen, desgleichen an einer zugänglichen Stelle, z. B. im Bereich des Hydranten 26 die Temperatur, auf der sich die Hauptversorgungsleitung 28 befindet, da diese Temperaturen in sehr guter Näherung ein Maß für die Temperatur $T_{\max U}$ und die Temperatur $T_{\min W}$ sind, durch die — bei intakter Hausanschlußleitung — der Dynamikbereich ΔT bestimmt ist, innerhalb dessen die Temperaturen der Hausanschlußleitungen 21 bis 24 allenfalls variieren können.

Soweit für die Messung der Temperatur des Erdreichs und die Messung der Temperatur der Hauptversorgungsleitung 28 jeweils derselbe Temperatursensor benutzt wird, was ohne weiteres möglich ist, da beide Temperaturen $T_{\max U}$ und $T_{\min W}$ zumindest über einen Tag hinweg als weitgehend konstant angenommen werden können, so braucht dieser Temperatursensor nicht einmal geeicht zu sein, da für die Empfindlichkeit des Meßverfahrens lediglich die erfaßbare Temperaturdifferenz ΔT von Bedeutung ist, wobei die Empfindlichkeit des insoweit erläuterten Meßverfahrens umso besser ist, je größer diese Temperaturdifferenz ΔT ist.

Ist das nachzuweisende Leck 29 relativ groß, mit der Folge, daß die Temperatur $T_{\max L}$ der leckbehafteten Hausanschlußleitung 23 sich nur wenig von der Temperatur $T_{\min W}$ der Hauptversorgungsleitung 28 unterscheidet, so kann es für den Nachweis des Lecks 29 schon ausreichend sein, wenn die Temperaturen $T_{\max U}$ bzw. $T_{\max L}$ der jeweiligen Hausanschlußleitungen 21, 22 und 24 bzw. 23 jeweils nach einer Zeitspanne gemessen werden, innerhalb derer eine Wasserentnahme über die Hausanschlußleitung 21 bis 24 über eine längere Zeit-

spanne nicht erfolgt ist und daher davon ausgegangen werden kann, daß die Temperaturen der überwachten Hausanschlußleitungen 21 bis 24 jeweils ihrem stationären Wert $T_{\max U}$ bzw. $T_{\max L}$ angenommen haben.

Ergibt dieser Vergleich, daß drei dieser Temperaturen, beim angenommenen Erläuterungsbeispiel die Temperaturen der Anschlußleitungen 21, 22 und 24 denselben, relativ hohen Wert $T_{\max U}$ haben und nur die Temperatur der Anschlußleitung 23 signifikant niedriger ist, so ist schon durch eine solche — einfache — Messung die Hausanschlußleitung 23 identifizierbar, an der das Leck 29 vorliegt.

Auch solche Vergleichs-Messungen können mit einem einzigen, nicht geeichten Temperatursensor 32 durchgeführt werden, wenn dieser hinreichend rasch von Meßstelle zu Meßstelle umsetzbar ist, was zumindest dann der Fall ist, wenn die einzelnen Hausanschlußleitungen 21 bis 24, wie für das Erläuterungsbeispiel gemäß Fig. 1 vorausgesetzt, in dem Schacht 31 relativ bequem zugänglich sind.

Wird andererseits gleichzeitig an sämtlichen vier Hausanschlußleitungen deren Temperatur gemessen, so kann die Meßzeit T_M dadurch minimiert werden, daß mit den Anwohnern verabredet wird, zu einer bestimmten Zeit über ihren jeweiligen Hausanschluß eine definierte Wassermenge zu entnehmen, die ausreichend ist, um die Hausanschlußleitungen 21 bis 24 auf ihre in guter Näherung mit der Temperatur des Wassers in der Hauptversorgungsleitung 28 übereinstimmende Minimaltemperatur $T_{\min W}$ zu bringen und anschließend für eine Zeitspanne, die ausreicht, die Temperatur der Hauptanschlußleitungen 21 bis 24 wieder auf ihre jeweilige Maximaltemperatur $T_{\max U}$ bzw. $T_{\max L}$ ansteigen zu lassen, kein Wasser zu entnehmen.

Soweit eine derartige Verabredung mit den Anwohnern nicht erreichbar ist, kann das Leck-Erkennungsverfahren unter Ausnutzung längerer Meßzeiten von einigen Tagen auch in der Weise durchgeführt werden, daß an jeder der Hausanschlußleitungen 21 bis 24 ein Temperatursensor 32 installiert wird und deren Temperaturcharakteristische Ausgangssignale kontinuierlich aufgezeichnet oder in regelmäßigen Zeitabständen elektronisch gespeichert und nach einer als ausreichend angesehenen Zeitspanne rechnerisch ausgewertet werden.

Als Temperatursensoren 32 werden zweckmäßigerweise Temperatur-sensitive Halbleiter-Bauelemente, wie NTC- oder PTC-Widerstände, gegebenenfalls auch Zener-Dioden mit temperaturabhängiger Durchbruchspannung eingesetzt, die jeweils Bestandteil eines integrierten Schaltkreises (IC) sind, der das Ausgangssignal des Temperatur-sensitiven Elements zu einem temperaturcharakteristischen Ausgangssignal aufbereitet, das mit gängigen Mitteln einer Analog-/Digital-Wandlung und damit auch einer weiteren Verarbeitung mittels eines Mikroprozessors oder eines Auswertungs-Computers zugänglich ist.

Temperatur-sensitive IC's dieser Art sind für den Meßbereich zwischen -50°C bis $+150^\circ\text{C}$ in hinreichend kleinen Baugrößen kommerziell erhältlich, so daß ein solcher IC, der schon in ein Kunststoffgehäuse eingegossen ist, ohne weiteres in einer Bohrung von nur etwa 8 mm Durchmesser eines Wärmekontaktblockes eingesetzt und in dieser mittels eines aushärtbaren Kunstharzes, z. B. eines Zweikomponenten-Polyester-Klebers fest und mit dem Wärmeleitungsblock selbst in gutem Wärmekontakt stehend verankert werden kann, der seinerseits mittels federelastischer und/oder spanntbarer Spangen oder Bügel an den vorgesehenen Tem-

peratur-Meßstellen, mit diesen großflächig in Anlage befindlich, fixierbar ist.

Bevor anhand der Fig. 4 und 4a auf Einzelheiten derartiger Sensorhalterungen eingegangen wird, sei zunächst anhand der Fig. 3 eine insgesamt mit 50 bezeichnete Meßanordnung erläutert, mit der nach dem anhand der Fig. 1 und 2 erläuterten Verfahren ein schon aufgetretenes Leck nachgewiesen werden kann. Hierbei wird davon ausgegangen, daß die Erläuterung der Funktion der Meßanordnung 50 auch zu deren schaltungstechnischer Beschreibung ausreichend ist, da ein einschlägig vorgebildeter Fachmann der Meßtechnik die Anordnung 50 bei Kenntnis ihrer Funktion und ihres Zweckes mit gängigen Mitteln der elektronischen Schaltungstechnik realisieren kann.

Im Rahmen der Meßanordnung 50 ist jedem der Temperatursensoren 32 eine insgesamt mit 51 bezeichnete Meßwert-Aufbereitungsstufe zugeordnet, die einen Analog-/Digital-Wandler 52, eine "digitale" Summierstufe 53, einen elektronischen Speicher 54 und eine die zeitliche Verarbeitung der von dem Temperatursensor 32 kontinuierlich erzeugten Temperatur-Meßwert-Ausgangssignale steuernden Synchronisierstufe 56 sowie eine eigene, als an die Synchronisierstufe 56 angeschlossene Batterie dargestellte Spannungs-Versorgungsquelle 57 umfaßt. Die mittels eines eigenen Taktgebers gesteuerte Synchronisierstufe 56 gibt an einem ersten Steuerungsausgang 58 in periodischer Folge Signal-Ausgabe-Steuerimpulse ab, für deren Dauer das am Digitalausgang 59 des A-/D-Wandlers 52 als Bit-Kombination anstehende Temperaturmeßwert-Signal auf seinem Momentanwert gehalten wird.

An einem ersten Synchronisations-Ausgang 61 gibt die Synchronisierstufe 56 Synchronisationsimpulse ab, die mit derselben Periodizität erzeugt werden wie die Signal-Ausgabe-Steuerimpulse, gegenüber diesen jedoch um eine kleine Zeitspanne von z. B. $1/4$ der Impulsdauer der Signal-Ausgabe-Steuerimpulse anstiegsverzögert sind und ihrerseits eine Impulsdauer haben, die etwa der Hälfte der Impulsdauer der Signal-Ausgabe-Steuerimpulse entspricht, für die das Ausgangssignal am Digitalausgang 59 des A-/D-Wandlers 52 konstant gehalten ist.

Durch die Synchronisationsimpulse, mit denen die Summierstufe 53 angesteuert ist, wird die Übernahme des jeweiligen — digitalen — Ausgangssignals des A-/D-Wandlers 52 in die Summierstufe 53 sowie dessen Addition zu dem bis dahin durch Aufsummierung empfangener Meßwert-Signale erreichten Summenwert gesteuert.

Nachdem an dem ersten Synchronisationsausgang 61 die vorgewählte Zahl von Signal-Ausgabe-Steuerimpulsen abgegeben worden ist, gibt die Synchronisationsstufe 56 innerhalb der Zeitspanne, die nach dem Abklingen des zuletzt erzeugten Signal-Ausgabe-Impulses bis zum Einsetzen des nächsten verstreicht, an einem zweiten Synchronisationsausgang 62 einen Speicher-Lade-Impuls ab, durch den eine — serielle — Abspeicherung des am Summations-Ausgang 63 anstehenden Summen-Ausgangssignals der Summierstufe 53 in dem elektronischen Speicher 54 ausgelöst wird.

Nach der Übernahme des momentan am Summationsausgang 63 der Summierstufe 53 anstehenden Ausgangssignals derselben in den Speicher 54 gibt die Synchronisierstufe 56 an einem dritten Synchronisationsausgang 64, noch innerhalb der Zeitspanne, die zwischen dem zuvor abgegebenen "letzten" Signal-Ausgabe-Steuerimpuls einer Meßzeitspanne der Dauer T_{SM} und

dem ersten Signal-Ausgabe-Steuerimpuls der darauffolgenden Meßzeitspanne T_m verstreicht, einen Rücksetzimpuls ab, durch den die Summierstufe 53 wieder auf den Wert 0 am Summationsausgang 63 zurückgesetzt wird.

Der sich aus einer längeren Untersuchungsdauer von zwei Tagen ergebende Inhalt der den Temperatursensoren 32 einzeln zugeordneten elektronischen Speicher 54 ist somit eine — gleichsam komprimierte — Folge von Temperaturwertsummen, die ihrerseits für einen Mittelwert der Temperatur charakteristisch sind, die in jeder der Meßzeitspannen T_m , in der die für jeden Summierzyklus vorgegebene Anzahl von Einzelmessungen vorgenommen worden sind, gegeben war.

In einer typischen Auslegung der Meßanordnung 50 ist die Dauer der Summations-Zeitspannen T_m , 10 Minuten, so daß pro Temperatursensor 32 und Tag 144 Meßwerte anfallen, wobei innerhalb einer solchen Meßzeitspanne bequem 10 Einzelmessungen durchgeführt werden können, die durch die Summation zu einem einzigen, für die spätere Auswertung herangezogenen "Meßpunkt" komprimiert werden.

Die Auswertung der in den Speichern 54 der einzelnen Temperatursensoren 32 enthaltenen Temperaturdaten, die eine detaillierte Information über den Temperaturverlauf in den überwachten Hausanschlußleitungen 21 bis 24 enthalten, erfolgt zweckmäßigerweise mittels eines elektronischen Rechners 66, in den die an den einzelnen Meßstellen gespeicherten Daten eingelesen werden können.

Bei der Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3 ist zusätzlich zu den die Temperaturen der Hausanschlußleitungen 21 bis 24 registrierenden Temperatursensoren 32 auch ein Temperatursensor 32 vorgesehen, mit dem unmittelbar die Temperatur der Hauptversorgungsleitung 28 und deren zeitlicher Verlauf registrierbar ist, wobei der diesbezügliche Temperatursensor 32 in unmittelbarer Nähe der Hauptversorgungsleitung im Mantelrohr eines Hydranten 26, z. B. eines Unterflur-Hydranten angeordnet ist, in den er über den Schlauchanschluß 68 des Hydranten eingeführt worden ist.

Die zeitliche Verfolgung der Temperatur der Hauptversorgungsleitung 28 ist zweckmäßig, wenn z. B. in einen Hochbehälter des Wasserversorgungsnetzes 10 von Zeit zu Zeit Wasser gepumpt wird, das eine andere Temperatur hat als im Hochbehälter noch vorhandenes Wasser.

Die Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3 mit den Temperatursensoren 32 je einzeln zugeordneten Analog-/Digital-Wandlern 52, Summierstufen 53, Speichern 54 und Synchronisationsstufen 56 sowie Versorgungs-Spannungsquellen 57 eignet sich insbesondere für eine rasche Installation, nachdem ein Leck 29 aufgetreten ist und nunmehr rasch nachgewiesen werden muß, bevor z. B. anhand von Schall-Korrelationsmessungen die Lokalisierung des Lecks erfolgen kann.

Zur — zeitweisen — Fixierung der Temperatursensoren 32 an den meist aus Kunststoff (PVC), seltener aus Grauguß bestehenden Hausanschlußrohren 21 bis 24 sowie an der meist aus Grauguß bestehenden Hauptversorgungsleitung 28 mit gutem Wärmekontakt zu diesen sind Klemmvorrichtungen 69 geeignet, die, wie beispielsweise in der Fig. 4 dargestellt, als einfache Schraubzwingen ausgebildet sind, mittels derer ein stabiler Wärmekontaktblock 72, in den der Temperatursensor 32, seinerseits mit dem Wärmeleitungsblock 72 in gutem Wärmekontakt stehend, eingesetzt ist, an die äußere Mantelfläche des jeweiligen Hausanschlußrohres

21 bis 24 bzw. der Hauptversorgungsleitung 28 anpreßbar ist. Durch die gleichsam selbstzentrierende Gestaltung der Klemmvorrichtung 69, einerseits, die durch einen V-förmigen Verlauf zweier stumpfwinklig aneinander anschließender Schenkel 73 und 74 des im Querschnitt gesehen einseitig offenen, insgesamt J-profilförmig ausgebildeten Zwingenbügels 71 und den radialen Verlauf der zentralen Achse 76 der Zwingenschraube 77 bedingt ist, die an einem der beiden V-förmig zueinander verlaufenden Bügelschenkeln 73 und 74 gegenüberliegend angeordneten Querschlenkel 78 des Zwingenbügels 71 schraubbar geführt ist und mit einer Zentrier spitze 79 in eine Zentrier-Einsenkung 81 des Wärmekontaktblocks 72 eingreift, sowie dessen zur Außenwölbung des jeweiligen Rohres komplementär-konkave Gestaltung seiner Anlagefläche 82, mit der er in der Klemm-Position der Schraubzwinde 69 großflächig an dem jeweiligen Rohr anliegt, andererseits, wird insgesamt eine formschlüssige Fixierung des Wärmekontaktblocks 72 an dem jeweiligen Rohr erzielt und wegen der großflächigen Anlage auch ein guter Wärmekontakt mit dem Temperatursensor 32.

Der Wärmekontaktblock 72 kann auch, wie in der Fig. 4a dargestellt, die Form eines prismatischen Stabes oder Klotzes haben, dessen als Anlageflächen mit dem zu überwachenden Rohr nutzbare Längsflächen 82, 82', 82'' und 82''' unterschiedlichen Radien solcher Rohre entsprechende konkave Wölbungen haben. Der Temperatursensor 32 ist bei dieser Gestaltung des Wärmekontaktblocks 72 zweckmäßigerweise in einer sich entlang der zentralen Achse 83 des Blockes 72 erstreckenden Bohrung 84 angeordnet, und es ist an jeder der gewölbten Längsflächen eine Zentrier-Einsenkung 81 vorgesehen.

Die weiter in der Fig. 5, auf deren Einzelheiten nunmehr Bezug genommen sei, dargestellte, insgesamt mit 80 bezeichnete weitere Meßanordnung zur Erkennung eines Lecks 29 kann nach demselben Verfahren benutzt werden wie die Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3, ist, im Unterschied zu dieser jedoch als permanent installierte Meßanordnung gedacht, mit der ein Trinkwasser-Versorgungsnetz fortlaufend überwacht und in diesem auftretende Lecks somit sehr frühzeitig erkannt werden können.

Auch mit Bezug auf diese Meßanordnung 80 wird davon ausgegangen, daß die Erläuterung ihrer Funktion ausreicht, um deren Realisierung durch einen Fachmann der Meßtechnik zu ermöglichen.

Bei der Meßanordnung 80 ist zusätzlich zu den Temperatursensoren 32, welche die an den einzelnen Hausanschlußleitungen 21 bis 24 herrschenden Temperaturen erfassen, ein weiterer Temperatursensor 32 vorgesehen, der in der Tiefe, in der die Hausanschlußleitungen im Erdreich verlegt sind, die Bodentemperatur mißt, sowie ein Temperatursensor 32, der die Temperatur der Hauptversorgungsleitung 28 erfaßt.

Die Meßanordnung 80 ist von dem zentralen elektronischen Rechner 86 gesteuert, der über eine Sensor-Auswahl-Schaltstufe, in deren Rahmen die Versorgungs-Spannungsquelle für sämtliche Temperatur-Sensoren 32 vorgesehen ist, deren intervallweise, zyklische Aktivierung steuert, wobei jeweils nur einer der Sensoren 32 durch Zuführung der Versorgungsspannung aktiviert ist. Die Meßsignalausgänge 87 der einzelnen Temperatursensoren 32 sind über eine durch die Sensor-Auswahlschaltstufe 86 vermittelte ODER-Verknüpfung mit dem Analog-Eingang 88 eines einzigen, für sämtliche Temperatur-Sensoren 32 genutzten Analog-/Digi-

tal-Wandlers 52 verbunden, der die Meßsignale auf mittels des Rechners 66 verarbeitbares digitales Format bringt.

Durch das Auswahl-Signal, durch das der jeweilige Sensor 32 angesprochen wird, wird in dem Rechner auch eine dem jeweiligen Sensor zugeordnete Datei bestimmt, in der die mittels des jeweiligen Sensors erzeugten Meßwertdaten in der Reihenfolge, in der sie erfaßt werden, gespeichert werden. Die bei der Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3 durch deren Summierstufen 53 vermittelte Daten-Komprimierung wird bei der Meßanordnung 80 durch rechnerische Verarbeitung der Daten mittels des Rechners 66 erzielt.

Da bei der Meßanordnung 80 gemäß Fig. 5, im Unterschied zu der Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3, eine parallele Erfassung der Temperaturen und Vorverarbeitung derselben nicht möglich ist, reduzieren sich, wenn gleichzeitig gefordert ist, daß die mittels der Meßanordnung 80 gemäß Fig. 5 darstellbaren Temperatur-Verlaufskurven hinsichtlich der zeitlichen Auflösbarkeit von Temperaturschwankungen dieselbe Struktur haben sollen wie die mittels der Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3 meßbaren Temperatur-Verläufe, die zur Erfassung eines Temperaturmeßwertes zur Verfügung stehenden Zeitspannen auf den Bruchteil $1/n$ derjenigen Meßzeitspannen, die bei der Meßanordnung 50 gemäß Fig. 3 an jedem Sensor 32 zur Erzeugung eines Temperaturmeßwertes ausgenutzt werden können, wobei mit n die Zahl der Temperatursensoren bezeichnet ist, die über den einzigen Analog-/Digital-Wandler 52 der Meßanordnung 80 an deren Rechner 66 angeschlossen sind.

Die Genauigkeit der Temperaturwert-Erfassung wird dadurch jedoch nicht nennenswert beeinflusst, da die verbleibenden Meßzeitintervalle für die Erzielung eines guten Signal-/Rauschverhältnisses ausreichend lange sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Lecks, das in einem Trinkwasserversorgungsnetz, bei dem mehrere Verbraucher (Haus)-Anschlußleitungen an eine Hauptversorgungsleitung angeschlossen sind, an einer der Verbraucher-Anschlußleitungen aufgetreten ist, gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte:

- a) während und/oder unmittelbar nach einer Wasserentnahme, die über eine als defekt in Betracht kommende Verbraucher-Anschlußleitung (21, 22, 23 oder 24) erfolgt, wird deren Außentemperatur mittels eines Temperatursensors (32) fortlaufend gemessen und mindestens der hierbei auftretende Extremalwert (Minimal- oder Maximalwert) festgehalten und durch Differenzbildung mit demjenigen Extremalwert der Temperatur (Maximal- bzw. Minimalwert) verglichen, der sich als stationärer Wert ergibt, wenn über die Verbraucher-Anschlußleitung über längere Zeit hinweg kein Wasser entnommen wird;
- b) Durchführung des Verfahrensschrittes (a) an mindestens einer weiteren, von der Hauptversorgungsleitung (28) abzweigenden Verbraucher-Anschlußleitung(en) (21 bis 24);
- c) Vergleich der ermittelten Temperaturdifferenzen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Wasserentnahmen über die Verbraucheranschlußleitungen (21 bis 24), deren Maximum bzw. Minimum Temperaturdifferenzen ermittelt werden, jeweils so lange durchgeführt werden, bis sich der jeweilige stationäre Wert der durch die Wasserentnahme erreichbaren Extremaltemperatur ergibt und daß die Wasserentnahmen so lange eingestellt werden, bis der dafür charakteristische stationäre Extremalwert der Außentemperatur der jeweiligen Verbraucheranschlußleitung erreicht ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die an verschiedenen Verbraucher-Anschlußleitungen vorzunehmenden Temperatur/Zeit-Verlaufsmessungen mit jeweils demselben Temperatur-Sensor (32) durchgeführt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Ermittlung der Temperatur-Extremalwerte zu erfassenden Temperatur/Zeit-Verläufe an sämtlichen der für einen Temperaturvergleich vorgesehenen Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) gleichzeitig gemessen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich die an den einzelnen Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) durchgeführten T/t-Verlaufsmessungen über mindestens einen vollen Tag erstrecken und hierbei entweder eine kontinuierliche Registrierung des Temperaturverlaufs (T/t) an den einzelnen Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) durchgeführt wird oder eine intervallweise Registrierung in Zeitabständen von höchstens 15 Minuten durchgeführt wird und die dabei ermittelten Temperaturdaten erst nach Abschluß der Meßwert-Aufnahmen einer Auswertung unterworfen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine fortlaufende Registrierung der Außentemperatur der Hauptversorgungsleitung (28) und vorzugsweise auch eine fortlaufende Registrierung der Temperatur des Erdreichs für diejenige Tiefe erfolgt, in der die Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24) im Erdreich verlegt sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Maximal- und Minimal-Temperaturen der Verbraucher-Anschlußleitungen (21 bis 24), die sich für statistische Wasserentnahmen ergeben, einem fortlaufenden Vergleich mit der Erdreichtemperatur und/oder der Temperatur der Hauptversorgungsleitung (28) unterworfen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, daß die Differenz zwischen der Temperatur der Hauptversorgungsleitung (28) und der Temperatur des Erdreichs weniger als 0,50 beträgt und die Temperatur der Hauptversorgungsleitung (28) die höhere ist, mindestens zweifache erwärmtes Wasser in das Trinkwasserversorgungsnetz (10) eingespeist wird.

9. Anordnung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit den zu überprüfenden Verbraucher-Anschlußleitungen je einzeln zugeordneten Temperatursensoren, dadurch gekennzeichnet, daß den Temperatursensoren (32) je einzeln eine Meßwert-Aufbereitungsstufe (51) zugeordnet ist, mittels derer im Verlaufe einer größeren Anzahl von Meßzyklen umfassenden Untersuchungszeitspanne gewonnene Meßdaten in einem für eine anschließende Auswertung mittels eines

elektronischen Rechners (66) geeigneten Format speicherbar sind.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwert-Aufbereitungsstufen (51) je einen das Ausgangssignal des Temperatursensors (32) in digitales Format wandelnden Analog-/Digital-Wandler (52), eine die Ausgangssignale des Analog-/Digital-Wandlers einer integrierenden Verarbeitung unterwerfende Summierstufe (53), einen elektronischen Speicher (54) zur seriellen Übernahme und Speicherung der von der Summierstufe (53) bereitgestellten Temperaturverlaufsdaten und eine Synchronisierstufe (56) zur Steuerung des Summations- und Speicherbetriebes der Meßwert-Aufbereitungsstufe (51) sowie eine eigene Versorgungs-Spannungsquelle (57) haben.

11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Analog-/Digital-Wandler periodisch zur Ausgabe eines digitalen Temperaturwert-Signals angesteuert sind, und daß die Summationsstufen (53) nach einer einstellbar vorgegebenen Zahl empfangener Temperaturwert-Daten ein der Summe der Temperatur-Werte oder dem arithmetischen Mittelwert derselben entsprechende digitale Signale als Eingaben für die jeweiligen Speicher (54) erzeugen und mit Ablauf eines jeden Summationszyklus zurückgesetzt werden.

12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsdauern der Steuersignale, durch die die Analog-/Digital-Wandler zur Abgabe von Temperaturwert-Signalen angesteuert sind und die Wiederholungsfrequenz dieser die Meßzyklen steuernden Impulse einstellbar ist/sind.

13. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit den einzelnen Verbraucher-Anschlußleitungen einzeln zugeordneten Temperatursensoren und mit einem elektronischen Rechner zur Auswertung der mit der Sensoren gewonnenen Temperatur-Meßwerte, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sensor-Auswahl-Schaltstufe (86) vorgesehen ist, die für Meßzeitintervalle definierter einstellbarer Dauer in zyklischer Folge je einen der Temperatursensoren (32) mit dem Analog-Eingang (88) eines Analog-/Digital-Wandlers (52) verbindet, der die Ausgangssignale der Temperatursensoren (32) auf mittels des Rechners verarbeitbares digitales Format wandelt.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatursensoren (32) und die Sensor-Auswahl-Schaltstufe (86) fest installiert sind.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatursensoren (32) in Wärmekontaktblöcken (72) angeordnet sind, die an den für die Temperaturmessungen vorgesehenen Verbraucher-Anschlußrohren (21 bis 24) fixierbar sind und zu den Wölbungen der Rohre komplementärkonkav gewölbte Anlageflächen (82) haben.

16. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmekontaktblöcke (72) an den Verbraucher-Anschlußrohren (21 bis 24) mit Hilfe von Klemm- oder Spannvorrichtungen fixierbar sind, die vorzugsweise als Schraubzwingen mit selbstzentrierender Gestaltung des Zwingenbügels (71) und Anordnung der Spannschraube (77) ausgebildet sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

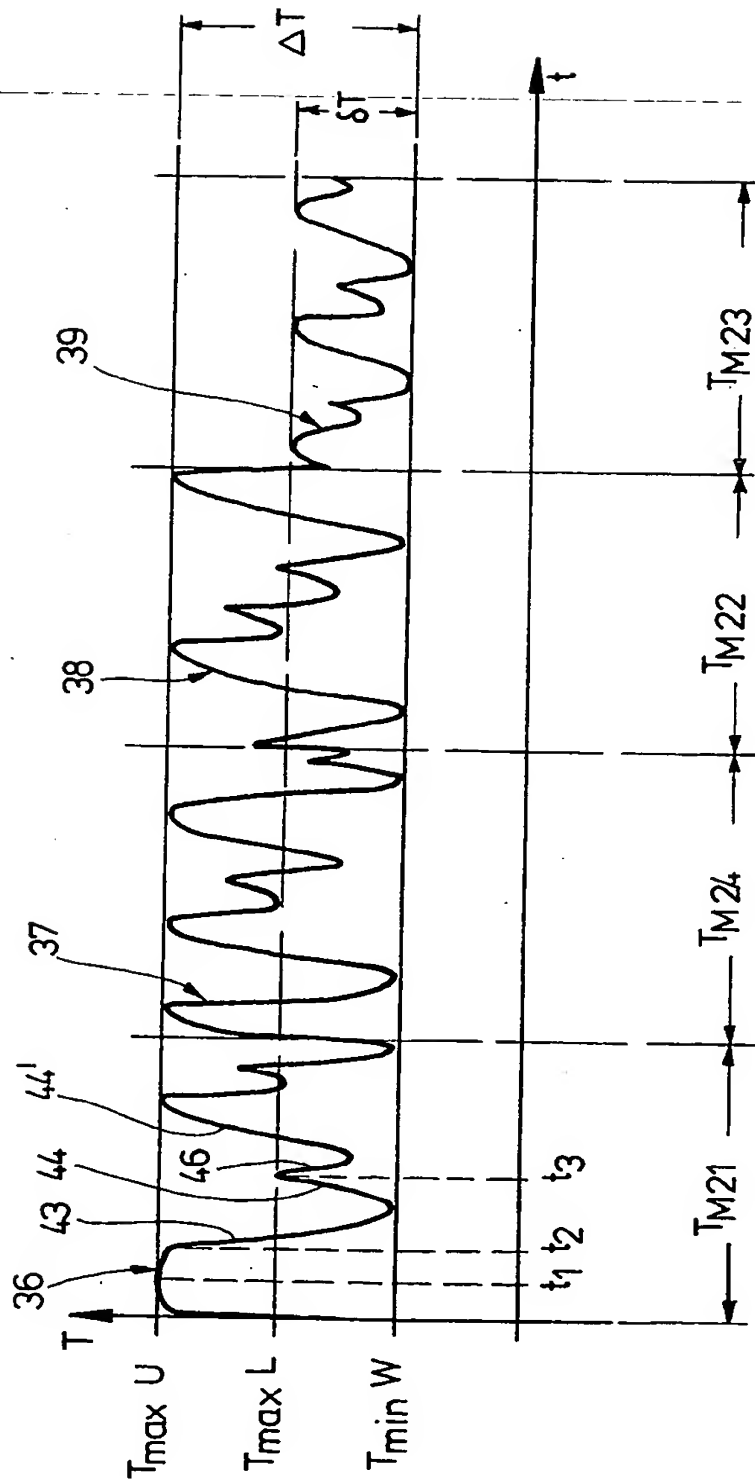


Fig. 2 *

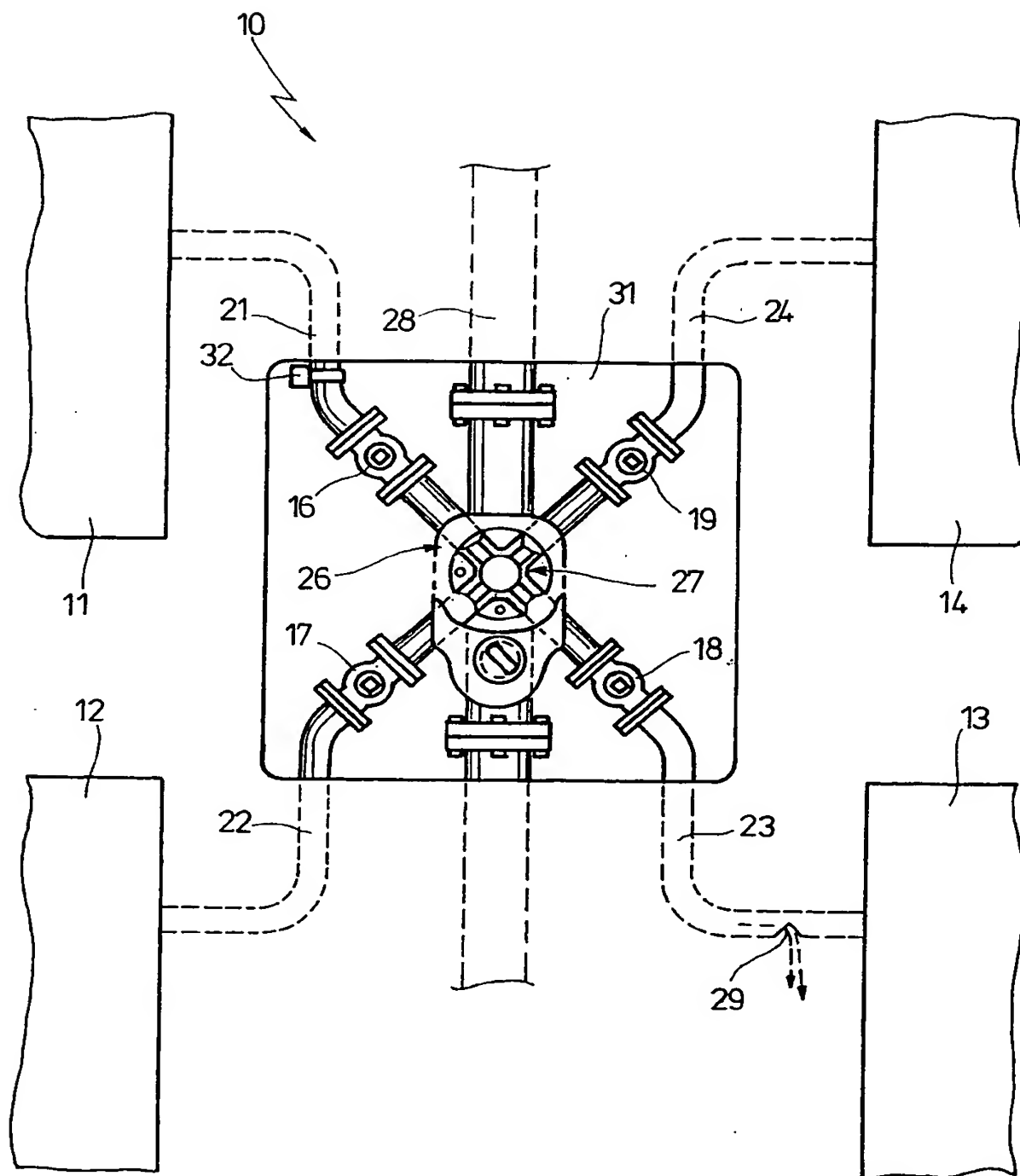


Fig. 1

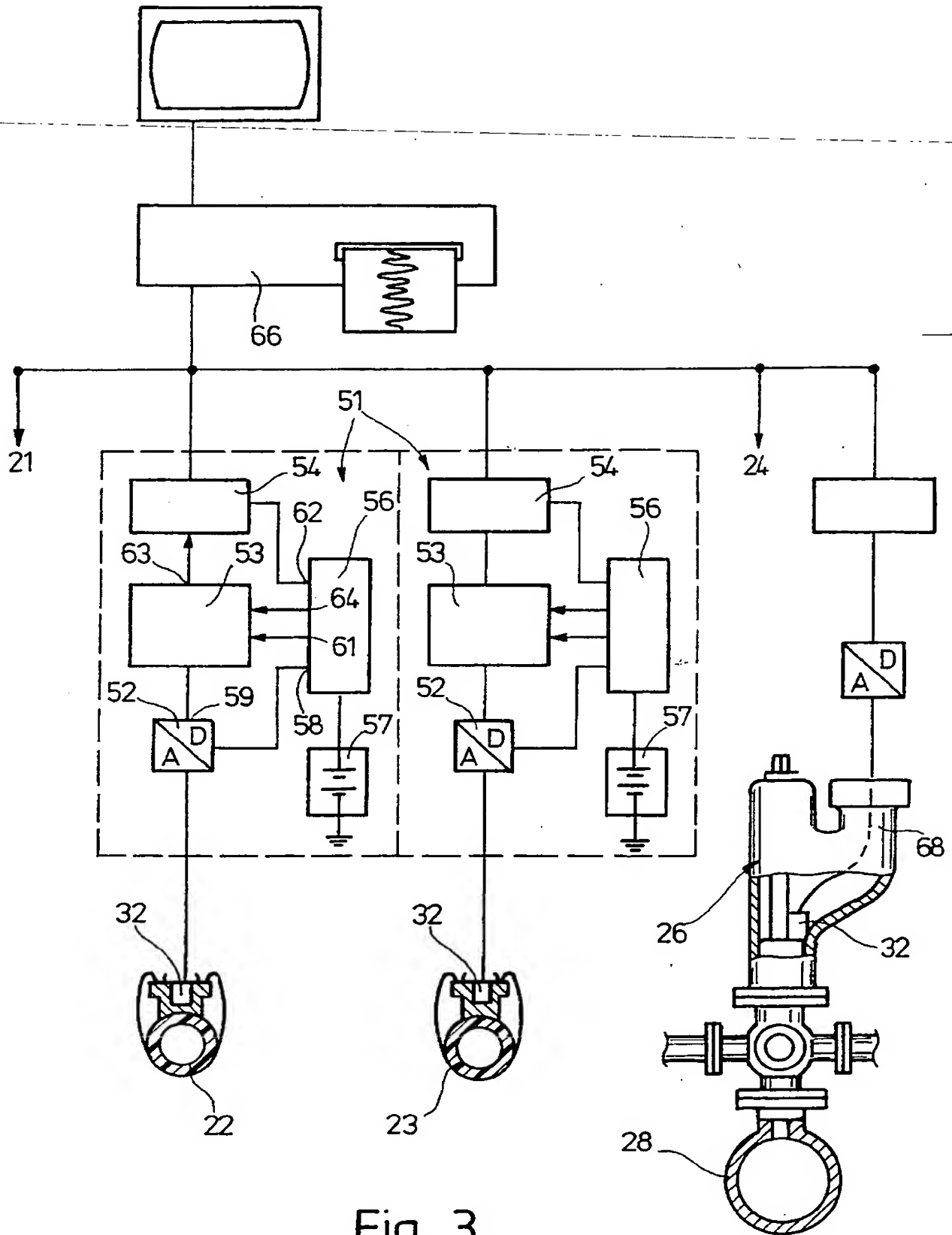


Fig. 3

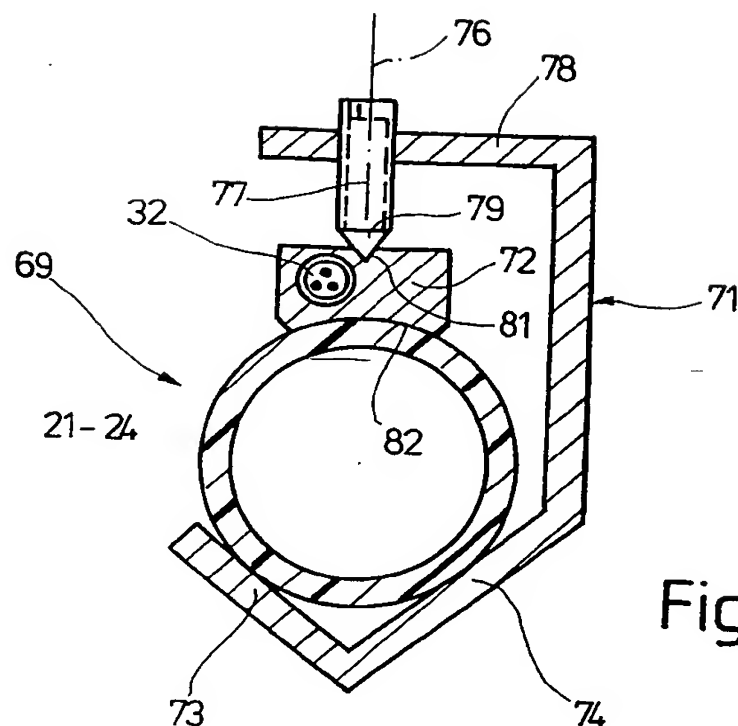


Fig. 4

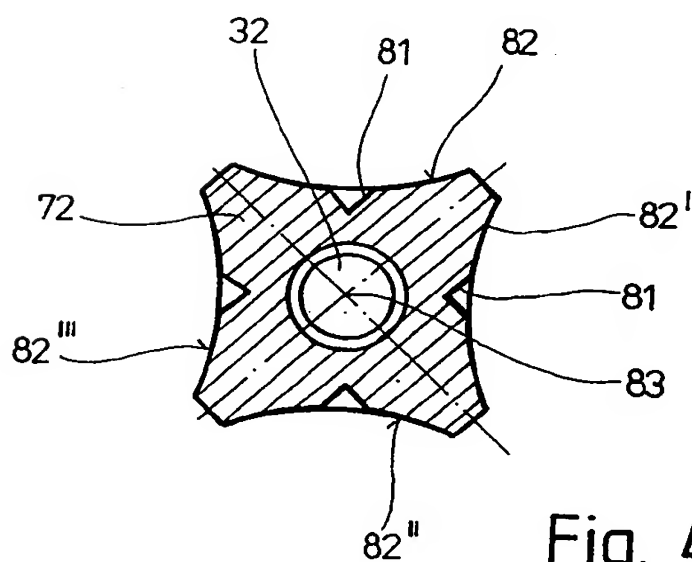


Fig. 4a

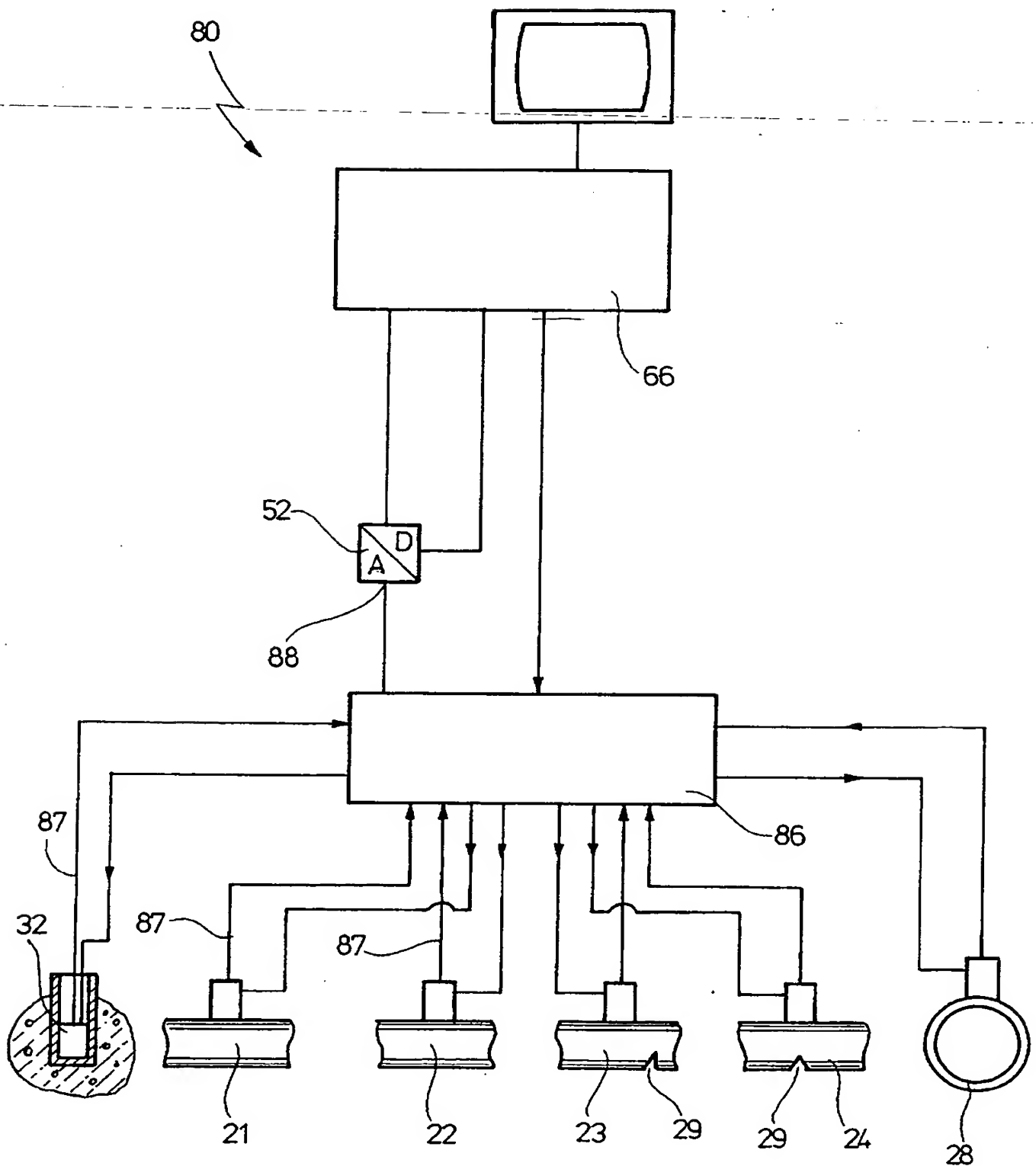


Fig. 5